

На правах рукописи

Суханова Ирина Михайловна

**Агроэкологическая роль биогумуса на серых лесных почвах
Предкамья Республики Татарстан**

Специальность: 03.00.16 - экология

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой
степени кандидата биологических наук**



Казань 2004

Работа выполнена в секторе сельскохозяйственной экологии государственного научного учреждения «Татарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства», г. Казань

Научный руководитель:	кандидат сельскохозяйственных наук, Шарафеева Флюра Гайфутдиновна
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, профессор Давлятшин Ильфрит Давлиевич кандидат биологических наук, Гиниятуллин Камиль Гашикович
Ведущее учреждение:	Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (г. Казань)

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2004 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.19 при Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Лобачевского Казанского государственного университета

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, КГУ, отдел аспирантуры

Автореферат разослан «_____» _____ 2004 года

Ученый секретарь
диссертационного Совета,
доктор химических наук,
профессор



Г.А.Евтюгин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проявляющаяся тенденция деградации почв, обусловленная снижением их гумусированности, ухудшением показателей свойств агрофизических и агрохимических, усилением интенсивности эрозионных процессов, является следствием многих причин, в том числе в результате загрязнения агрохимикатами. Необходим принципиально новый агробиотехнологический подход к решению проблемы восстановления плодородия и детоксикации почв. Однако оздоровление почвы и воспроизводство её плодородия на фоне создания бездефицитного баланса гумуса, невозможно без широкого применения органических удобрений. Объёмы годового выхода органических удобрений в Республике Татарстан (менее 18 млн. т), качество и традиционная технология их применения не могут удовлетворить возросшие потребности сельскохозяйственного производства республики, составляющие не менее 34,2 млн. тонн.

Биологическая система земледелия не находит широкого применения и развития в силу недостаточности органических удобрений и их качества, требующего иного подхода к его применению.

Важнейшая проблема, стоящая перед сельскохозяйственным производством и аграрной наукой – это недопущение дальнейшего загрязнения объектов сельскохозяйственного производства и основного его средства – почвы, восстановление её плодородия и оздоровление, применение ресурсосберегающих экологических безопасных технологий, способствующих минимизации применения химических средств стимулирования и защиты при возделывании сельскохозяйственных культур и получения экологически безопасной продукции, пригодной для детского и диетического питания. Это достигается использованием разработанной биотехнологии, в основу которой заложены производство и использование органического удобрения нового поколения биогумуса – продукта биоконверсии отходов животноводства, что представляет актуальность темы исследований.

Цель и задачи исследований. Целью исследований явилось изучение роли биогумуса в повышении плодородия, оздоровлении и предотвращении дальнейшего загрязнения серых лесных почв, создании условий для производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

При реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение норм и способов использования биогумуса при возделывании озимой ржи;
- определение влияния биогумуса на свойства серой лесной почвы Предкамья РТ как органического удобрения и биостимулятора;
- изучение влияния биогумуса на фитосанитарное состояние озимой ржи, на её продуктивность и качество зерна;
- выявление связи между экологическим состоянием природной среды и качеством сельскохозяйственной продукции;
- экономическая и энергетическая оценка применения биогумуса под озимую рожь;

- предложения сельскохозяйственному производству способов рационального использования биогумуса.

Научная новизна работы. Впервые в республике разработаны основные звенья технологии промышленного использования под озимую рожь биогумуса, полученного из отходов животноводства с применением усовершенствованной и адаптированной для условий Татарстана технологии вермикомпостирования. Изучена и выявлена при выращивании озимой ржи возможность сокращения применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений за счет замены их биогумусом, что приводит к улучшению экологической обстановки природной среды. Выявлена роль биогумуса в оздоровлении и повышении плодородия почвы, в создании условий для производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, пригодной для детского и диетического питания.

Практическая значимость работы. Разработаны и предложены производству основные звенья технологии, а именно способы и нормы внесения биогумуса под озимую рожь.

Выявлены оптимальные параметры воздействия различных норм и способов применения биогумуса на почву, растения и определены важнейшие факторы для биологизации земледелия.

Даны сельскохозяйственному производству научно-обоснованные предложения по использованию биогумуса для повышения эффективности почв и их оздоровления.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Высокоэффективное органическое удобрение биогумус – продукт биоконверсии отходов животноводства, как один из основных факторов биологизации и экологизации земледелия;

- нормы и способы использования биогумуса под озимую рожь, его агроэкологическая роль;

- экономическая и экологическая оценка использования биогумуса.

Апробация работы и публикации научных исследований.

Результаты исследований докладывались на Всероссийской конференции «Молодые ученые – агропромышленному комплексу», (Казань, 2000); на конференции молодых ученых «Актуальные проблемы развития АПК РТ на современном этапе» (Казань, 2001), на научных конференциях «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 2002, 2003), на международной научной конференции «Роль почвы в формировании естественных и антропогенных ландшафтов» (Казань, 2003), заседаниях Ученого Совета ТатНИИСХ

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, предложений производству, списка литературы, включающего 188 наименований (из них 13 иностранных), приложений. Работа содержит 54 таблицы (из них 27 в приложении), 4 графика, 5 рисунков, 1 схему. Общий объём работы - 164 страницы.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на полях Татарского НИИСХ в период с 2000 по 2003 годы. Основным объектом исследований явилась серая лесная среднесуглинистая почва со следующими агрохимическими свойствами пахотного горизонта: гумуса - 3,5...3,7 %; азота легкогидролизуемого - 75...85 мг/кг; подвижного фосфора - 460...470 мг/кг; обменного калия - 138...158 мг/кг; гидролитическая кислотность - 3,1...3,5 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований - 24,8...27,0 мг-экв/100 г. На почву оказывались различные антропогенные факторы воздействия и изучались те изменения, произошедшие в её составе за 3-х летний период при возделывании на ней озимой ржи сорта Эстафета Татарстана.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. Наиболее благоприятными для возделывания озимой ржи были условия 2000–2001 г.г.: благоприятные условия для начала вегетации растений (в сентябре ГТК=2,2), зимовка озимой ржи проходила в удовлетворительных условиях, теплая и влажная погода июня сменилась на жаркую и засушливую июля (ГТК=0,1). Условия 2001-2002 г.г. характеризовались теплой и влажной погодой начала вегетации растений, сильными декабрьскими морозами и январской оттепелью (до +1 °С), что создало неблагоприятные условия перезимовки и образование ледяной корки до 22 мм. Увеличение температуры в марте на 8-10 °С выше нормы приводило к выпреванию посевов. Июль-август характеризовался сухой и жаркой погодой, температура воздуха достигала 28 °С при норме 19-20 °С. Метеоусловия 2002-2003 г.г. были менее благоприятными предыдущих лет: количество осадков в октябре-ноябре превысило средние многолетние показатели на 61-70 мм; низкая температура декабря, января, февраля с незначительным выпадением осадков сменилась прохладной весной, температура повысилась в июле до 20,3 °С, на фоне обильного выпадения осадков. Это привело к ряду негативных явлений: сдвинулись фазы развития культуры, увеличилось количество сорняков и грибных болезней, сместились сроки уборки урожая.

Биогумус изучался в качестве органического удобрения и биомелиоранта, воздействующего непосредственно на семена, почву и растения. Испытания проводились в сравнении с навозом, сидеральным паром и минеральными удобрениями. Агротехника при возделывании озимой ржи была общепринятой для условий зоны Предкамья Республики Татарстан.

В схему опыта были включены:

Фактор А – агрофоны (антропогенные факторы воздействия на почву)

- 1) Контроль (без удобрений); 2) Навоз 60 т/га; 3) Сидеральный пар (вико - овсяная смесь); 4) Биогумус - 3 т/га; 5) Биогумус - 6 т/га; 6) Биогумус - 9 т/га; 7) Минеральные удобрения – $N_{60} P_{60} K_{60}$

Фактор Б – предпосевная обработка семян:

Увлажнение семян водой (контроль); обработка 10 % водным раствором биогумуса, обработка биологическими препаратами: планризом и фитоспорином

Фактор С – способ использования биогумуса:

- посев семян по обычной технологии (полная норма высева - контроль);

- локальное внесение биогумуса в почву вместе с семенами через сеялку. При этом норма высева семян озимой ржи снижалась до 56 %, но добавлялся биогумус из расчета 185 кг/га.

В опытах навоз вносили в чистом пару в конце мая - начале июня с немедленной запашкой, сидеральная культура скашивалась с измельчением и заделывалась в почву за 35-40 дней до посева озимой ржи, биогумус и минеральные удобрения вносились под предпосевную культивацию почвы.

Возделывание озимой ржи проводилось в звене биологизированного севооборота и на дополнительно заложенном блоке опыта по аналогичной схеме.

Общая площадь опыта около 1 га, число опытных вариантов – 35, делянок - 105, площадь учетной делянки - 72 м². Размещение вариантов рендомизированное, повторность трехкратная.

Исследования, наблюдения и учеты на опытах проводились в соответствии с «Методическими указаниями ВИЗР и ВИР» (1999) и «Опытного дела в полеводстве» (1982). Химические анализы почвы и растительных образцов осуществляли в аналитической лаборатории ТатНИИСХ по общепринятым методикам. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (1985) с применением компьютерной программы; подсчет экономической эффективности – на основе технологических карт по действующим нормативам и расценкам, с использованием научных разработок (автор. кол. под ред. Р.Г. Гареева, Т.Г. Хадеева, А.С. Салихова, 2002 г.); энергетическую эффективность по Е.И. Базарову и Е.В. Глинке (1983).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

БИОГУМУС – КАК ОРГАНИЧЕСКОЕ УДОБРЕНИЕ И БИОМЕЛИОРАНТ ПОЧВЫ

Для оздоровления почвы и восстановления её плодородия применялся биогумус собственного производства. Биогумус имеет высокое содержание органического вещества и азота, подвижных форм фосфора и калия, реакцию среды, близкую к нейтральной, содержание тяжелых металлов значительно ниже ПДК (табл. 1). Гранулы биогумуса отличаются структуро - образующей способностью, водоемкостью, гидрофильностью, в связи с чем, при его использовании, повышается противозерозионная стойкость почв. Биогумус, в отличие от навоза, не содержит в своем составе возбудителей различных инфекционных и инвазионных заболеваний, не имеет семян сорных растений. Представляя собой однородную зернистую массу, он очень удобен при внесении.

Таблица 1

Состав навоза и биогумуса

Показатели	Навоз КРС	Биогумус	ПДК (в почве)
Органическое вещество, %	20,3	35,91	
Азот общий, %	0,51	0,8...2,0	
Азот легкогидролизуемый, мг/кг		414,4	
РН	7,6	6,8	
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г		3,5	
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г		43,0	
Подвижный фосфор (P_2O_5), мг/кг	1929,2	4630,0	
Обменный калий (K_2O), мг/кг	3451,9	3728,0	
Тяжелые металлы, мг/кг:			
Медь (Cu)	100,0	21,0	55,0
Цинк (Zn)	362,0	158,75	100
Кадмий (Cd)	0,199	0,17	3
Свинец (Pb)	3,52	1,08	30

ВЛИЯНИЕ БИОГУМУСА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Изменение агрофизической характеристики почвы при внесении биогумуса

Прирост органического углерода на 0,1 % снижает плотность почвы на $0,01 \text{ г/см}^3$ и более, что при критическом уровне уплотнения серых лесных почв может быть связано с увеличением урожая зерновых культур на 0,6-1,0 ц/га. Положительное улучшение в плотности почвы отмечалось по агрофонам с внесением биогумуса и сидеральной культурой. Изменения по сидеральному пару произошли, вероятнее всего, из-за дополнительного антропогенного вмешательства во время запахивания сидеральной культуры, поэтому на этих вариантах почва подверглась некоторому разуплотнению. По агрофону с внесением биогумуса произошли положительные изменения на уровне $0,05\text{-}0,16 \text{ г/см}^3$, за счет увеличения органического вещества почвы, однако, следует учесть, что этот агрофон подвергался уплотнению почвы, при внесении биогумуса навозоразбрасывателем.

Структурно-агрегатный анализ или метод определения прочности макроструктуры показал, что наибольший процент содержания фракций крупнее 10 мм и от 10-7 мм на контроле составил – 38,5 % и наименьший - на агрофонах с сидеральной культурой и биогумусом 25,3 и 31,6 % соответственно. Пылевой фракции (менее 0,25 мм) на контроле содержалось около 17 %, по остальным агрофонам значительно ниже. На вариантах с сидеральной культурой, где нарушалась целостность почвенных агрегатов, и заметно снизилось содержание крупной фракции, содержание водопрочных агрегатов составило 50 %, что на 7,4 % ниже, чем на варианте с внесением биогумуса. По оценке водопрочности агрегатов, хорошей считается содержание суммы водопрочных агрегатов $> 0,25 \text{ мм}$ – на уровне 40-60 %. Чем выше содержание фракции $> 1 \text{ мм}$, тем больше водопрочность агрегатов, такая почва достаточно устойчива к дефляции. В серых лесных почвах среднее содержание водопрочных агрегатов $> 1 \text{ мм}$ в пахотных горизонтах не превышает 5 %, однако на фоне внесения биогумуса оно составило 8 %. Считается, что для улучшения структуры почвы необходима глубокая вспашка, где смешиваются распыленные частицы с более структурными, улучшая тем самым структуру и водопрочность агрегатов. Внесение биогумуса привело к слипанию почвенных частиц (коагуляции), делая за счет клеящей его роли структурные агрегаты более водопрочными и устойчивыми к размыванию. В почве с внесением биогумуса водопрочность агрегатов в 2 раза превышала контроль.

Динамика агрохимических свойств почвы при внесении биогумуса

Произошли также изменения ряда показателей агрохимических свойств (табл. 2). Проявилась тенденция увеличения содержания в почве гумуса:

после внесения биогумуса оно увеличилось на 0,10 %, по фону навоза - на 0,06 %, по сидеральному пару на - 0,04 %, по минеральному фону на - 0,03 %. Содержание гумуса на контроле осталось на прежнем уровне. Благодаря тому, что биогумус имеет в своем составе высокое содержание органического вещества (30 % и более), воздействие его на почву, в отличие от других вариантов, оказалось значительнее. Несмотря на потребление азота растениями в период вегетации содержание легкогидролизуемого азота в почве от применения биогумуса и запахивания сидеральной культуры увеличилось до 91,3 – 93,1 мг/кг. Увеличение содержания микроорганизмов актиномицетов по этим вариантам предотвратило, в некоторой степени, потерю почвой азота. Содержание в почве подвижных форм калия осталось повышенным – 112,0–178,0 мг/кг, а фосфора очень высоким 347,5–385,2 мг/кг. Дополнительное внесение фосфора и калия в почву произошло с внесением минеральных удобрений и биогумуса, поэтому снижение содержания этого элемента по указанным агрофонам ниже в сравнении с другими (контроль – на 72,5 мг/кг). Содержание поглощенных Ca^{++} + Mg^{++} в почве с внесением биогумуса было выше, чем по другим агрофонам и составило 29,0 мг-экв/100 г, что приблизило её к оптимальным параметрам. Снижение гидролитической кислотности до 2,4 мг-экв/100 г и смещение pH среды в сторону нейтрализации, вновь отражает преимущество агрофона с биогумусом перед другими.

Таблица 2

Действие антропогенных факторов на агрохимические показатели почвы

Агрофоны	Гумус, %	N-л. гидр. мг/кг	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг	H ⁺ мг-экв / 100 г	S мг-экв / 100 г	pH
Контроль	<u>3,60</u> 3,61	<u>85,0</u> 86,12	<u>420,0</u> 347,5	<u>200,6</u> 178,0	<u>3,5</u> 3,3	<u>25,0</u> 26,1	<u>5,6</u> 5,7
Навоз 60 т/га	<u>3,64</u> 3,70	<u>82,6</u> 87,28	<u>420,0</u> 356,2	<u>158,0</u> 136,0	<u>3,1</u> 3,2	<u>24,8</u> 26,8	<u>5,7</u> 6,1
Сидеральный пар	<u>3,70</u> 3,74	<u>88,2</u> 91,28	<u>420,0</u> 351,8	<u>149,0</u> 112,0	<u>3,1</u> 2,8	<u>25,0</u> 28,8	<u>5,6</u> 5,9
Биогумус 6 т/га	<u>3,64</u> 3,74	<u>75,0</u> 93,1	<u>430,0</u> 385,2	<u>140,5</u> 121,8	<u>3,3</u> 2,4	<u>25,0</u> 29,0	<u>5,6</u> 6,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>3,52</u> 3,55	<u>72,8</u> 88,9	<u>430,0</u> 384,1	<u>138,8</u> 122,5	<u>3,1</u> 2,6	<u>27,0</u> 27,0	<u>5,5</u> 5,8

Примечание: В числителе даны исходные данные, в знаменателе после антропогенного воздействия 2003 г

Влияние биогумуса на микробиологические процессы в почве

За период исследований в почве произошли изменения в численности микробного сообщества. Количество аэробных гетеротрофов на контроле

увеличилось в 3 раза и достигло $10,1 \cdot 10^6$ КОЕ/г и на порядок с $2,9 \cdot 10^6$ до $4,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г увеличилось на фоне с внесением биогумуса. Повышение концентрации аэробных гетеротрофов произошла за счет нового источника питания, так как им принадлежит решающая роль на конечных этапах разложения органического вещества, возможно этим объясняется доминирование данной группы микроорганизмов в ризосферной биоте.

Количество актиномицетов за годы исследований на контроле и по фону биогумуса было сопоставимо и составило $1 \cdot 10^5$ и $5,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г соответственно. Содержание микромицетов на контрольном варианте по сравнению с исходным содержанием в почве увеличилось незначительно, а на варианте с внесением биогумуса увеличилось на порядок с $2,8 \cdot 10^4$ до $2,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Абсолютные доминанты представлены в основном родами *Aspergillus* sp. и *Trichoderma* sp., на контроле доминировал род *Fusarium* sp. (> 50 %). Численность нитрифицирующих бактерий понизилась на порядок по контрольному варианту и в 2,5 раза по варианту с внесением биогумуса. Это снижение возможно объясняется возрастающей азотфиксирующей активностью свободноживущих азотфиксаторов. Подавление процесса нитрификации сохраняет экосистему от больших потерь в ходе последующей денитрификации. Кроме того, нитрифицирующие бактерии более чувствительны к уплотнению почвы, температурному режиму, они требовательнее других организмов к недостатку кислорода и токсичным продуктам анаэробной деятельности микроорганизмов. На варианте с биогумусом, где почва более структурна, резкое снижение численности нитрифицирующих бактерий не выявлено. Из представителей свободноживущих азотфиксирующих бактерий в ризосфере растений представлен *Azotobacter chroococcum*, он оказался наиболее отзывчивым на внесение органического вещества. Присутствие данного азотфиксатора подтверждает достаточно благоприятную биологическую и экологическую обстановку в исследуемом биоценозе. Кроме того, *Azotobacter* предъявляет высокие требования к содержанию в почве фосфора и кальция и так как в составе биогумуса этих элементов достаточно, следовательно, создались благоприятные условия для этого микроорганизма, реакция почвенной среды была в пределах 6...6,5, известно, что азотобактер не встречается в кислой среде. Применение биогумуса свидетельствует о положительном эффекте растительно - микробных взаимодействий, он оказал заметное влияние на формирование микробного сообщества в ризосфере и повысил биологическую активность, которые создают предпосылки воспроизводства почвенного плодородия.

Токсикологическая характеристика почвы

Внесение биогумуса в положительную сторону изменило содержание тяжелых металлов в почве (табл. 3). Из изучаемых ТМ более других уменьшилось содержание цинка, как подвижного из элементов, его валовое

содержание по всем агрофонам понизилось на 2,25...5,53 мг/кг. Высокое содержание в почве подвижного цинка, способствовало переходу его в растения и накоплению его в органах и корневой системе, что объясняло снижение его валовых форм. Содержание подвижного цинка по фону биогумуса было ниже его количества контрольного на 0,45 мг/кг. Содержание меди изменилось незначительно, хотя и медь считается подвижным элементом. Исходная величина меди в почве колебалась в пределах 13,45 – 13,90 мг/кг, под воздействием антропогенных факторов, наблюдалось снижение (мг/кг): по навозу - на 0,26, по сидеральному пару - на 0,52, по минеральному – на 1,67, по биогумусу – на 1,80. Наиболее опасными загрязнителями почвы являются кадмий и свинец. Для получения экологически безопасной продукции предельно допустимая концентрация кадмия в почве ориентировочно определена – 0,5 мг/кг (Ильин В.Б., 1992). В почве с внесением биогумуса наличие этого элемента выявлено – 0,48 мг/кг. Содержание свинца за период исследований увеличилось по 3-м агрофонам (мг/кг): контролю - на 0,84; навозу – на 0,98; минеральному – 1,24. По фону с сидеральной культурой и биогумусу снижение составило 0,22 и 1,6 мг/кг соответственно. Увеличение содержания свинца по навозу и минеральному фону можно объяснить вероятностью присутствия этого элемента в их составе. Марганец не относится к разряду особо токсичных элементов, содержание его в почве ниже ПДК.

Исследованиями выявлено, что в снижении токсичности, следовательно, и улучшении экологических свойств почвы предпочтительным оказался фон с биогумусом.

Таблица 3

Изменение содержания валовых форм тяжелых металлов в почве, мг/кг
(2000...2003 гг.)

Агрофоны	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn
Контроль	<u>13,45</u> 13,99	<u>39,00</u> 36,75	<u>0,60</u> 0,62	<u>9,28</u> 10,12	<u>514,25</u> 500,00
Навоз 60 т/га	<u>13,76</u> 13,50	<u>40,00</u> 34,50	<u>0,61</u> 0,55	<u>8,57</u> 9,55	<u>518,25</u> 550,00
Сидеральный пар	<u>13,48</u> 12,96	<u>34,00</u> 28,60	<u>0,60</u> 0,59	<u>8,76</u> 8,54	<u>595,76</u> 511,15
Биогумус 6 т/га	<u>13,90</u> 12,10	<u>33,53</u> 28,00	<u>0,59</u> 0,48	<u>9,40</u> 8,47	<u>581,76</u> 550,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>13,87</u> 12,20	<u>34,20</u> 30,00	<u>0,58</u> 0,52	<u>8,87</u> 10,11	<u>554,50</u> 523,45
ПДК	55	100	3	30	1500

Примечание: В числителе указано исходное содержание ТМ в почве, в знаменателе – после антропогенного воздействия

ВЛИЯНИЕ БИОГУМУСА НА ОЗИМУЮ РОЖЬ

Состояние растений озимой ржи и пораженность её болезнями

На эффективность предпосевной обработки семян биопрепаратами повлияли различные метеоусловия. На контрольном фоне наибольшее число всходов озимой ржи было обнаружено после обработки семян планризом – 373 шт/м², на втором месте вариант обработки семян раствором биогумуса – 361 шт/м², однако не был получен эффект от фитоспорина – 353 шт/м². Только по фону биогумуса предпосевная обработка фитоспорином положительно повлияла на всхожесть озимой ржи- 405 шт/м², на контроле - 387 шт/м². На всех агрофонах наибольшее количество всходов озимой ржи было получено при предпосевной обработке семян водным раствором биогумуса - 361...412 шт/м², в то время на контроле – 356...387 шт/м².

Действие на растения стимулирующей дозы биогумуса, внесенного в почву локально вместе с семенами, проявилось в повышении кустистости ржи. Общая кустистость озимой ржи, посеянной с полной нормой по различным агрофонам была весной на уровне 5,0 – 7,3 шт, а при посеве с пониженной нормой, но с добавлением биогумуса эти показатели были выше - 7,4 штук на контрольном варианте, 8,4 штук - по фону внесения биогумуса. Продуктивная кустистость по всем агрофонам была ниже, при сохранении такой же закономерности.

Резкие колебания температуры, чередование морозов и оттепелей, растянутый период таяния снега, повышенный снеговой покров и образование ледяной корки привели к истощению растений и усилению процессов дыхания, расходу углеводов на дыхание и невозможности пополнения запасов путем фотосинтеза. Накопление сахаров в узлах кушения в условиях 2002-2003 года было невысокое. Преимущество имел вариант с локальным внесением биогумуса, по фону внесения биогумуса оно составило 33,9 %.

Из-за различий метеоусловий пораженность растений озимой ржи болезнями сильно варьировала по годам. По средним данным наименьшее поражение озимой ржи снежной плесенью было обнаружено по фону биогумуса плюс обработка семян раствором биогумуса - 17,5 %, а по контролю - 22,8 %. По фону навоза и контроля наблюдалась самая большая пораженность до 29...31 % соответственно, раствор биогумуса по этим фонам оказался эффективнее испытанных биопрепаратов. Предпосевная обработка семян по всем агрофонам снижала пораженность озимой ржи корневыми гнилями, она уменьшалась, в зависимости от фона, до 23,1...37,8 %, против 29,6...41,1 % уровня без обработки. На контрольном варианте и по фону навоза наиболее эффективным оказался планриз, по минеральному фону и по биогумусу меньше поражались растения обработанные раствором биогумуса. Болезнь ринхоспориоз проявилась лишь в условиях 2003 года. Больше поражались растения по навозному (50,9 %) и минеральному (53,3 %) фонам. Применение биогумуса снижало проявление этой болезни. Такие болезни как септориоз и мучнистая роса больше проявились у растений по сидеральному пару - 17,2 и 19,7 % соответственно.

На повышение иммунитета озимой ржи против болезней существенное влияние оказало локальное внесение в почву биогумуса (табл. 4). Растения имели стимулирующее воздействие биогумуса, большую площадь развития, и соответственно, питания, отличались выравненностью, большей кустистостью и устойчивостью к болезням. Особенно снижалось развитие снежной плесени, корневых гнилей и мучнистой росы до 2-2,5 раза, менее – по ринхоспориозу, бурой ржавчине и септориозу.

Таблица 4

Влияние локального внесения биогумуса на пораженность болезнями,
(2001...2003 г.г.)

Способ внесения биогумуса	Р – развитие болезни, %					
	Снежная плесень	Корневые гнили	*Ринхо- спориоз	Бурая ржавчина	Септо- риоз	Мучнис. роса
	Контроль					
Контроль	31,0	41,1	47,8	23,6	16,2	18,7
Лок. внес. биог.	14,3	19,7	47,2	20,0	13,6	11,1
	Навоз 60 т/га					
Контроль	29,0	41,0	50,9	19,2	15,2	18,6
Лок. внес. биог.	17,3	26,2	45,2	15,6	10,7	8,2
	Сидеральный пар					
Контроль	25,3	32,5	49,0	20,6	17,2	19,7
Лок. внес. биог.	14,7	18,7	44,0	17,0	16,8	8,9
	Биогумус 6 т/га					
Контроль	25,7	31,9	39,4	16,8	14,9	11,4
Лок. внес. биог.	10,7	12,7	37,4	14,1	7,8	4,1
	N₆₀ P₆₀ K₆₀					
Контроль	29,3	29,6	53,3	17,8	15,7	17,7
Лок. внес. биог.	15,0	19,1	40,3	17,4	15,2	13,0

Примечание: * - болезнь ринхоспориоз проявилась только в условиях
2003 г

Засоренность посевов

Посевы озимой ржи имели среднюю засоренность в фазу её всходов. Более засорены были фоны с сидеральной культурой и внесением навоза, где насчитывалось 25...31 шт/м² соответственно. Более развитые растения на фонах с биогумусом подавляли сорную растительность и снизили их число до 18...21 шт./м².

К уборке снизилось до 8...15 шт./м². Озимая рожь на вариантах с внесением биогумуса вновь оказалась более конкурентоспособной.

Урожайность и структура урожая озимой ржи

В среднем за три года наиболее эффективным был агрофон с внесением биогумуса 6 т/га, урожайность – 4,44 т/га (табл. 5). По этому же фону лучше проявлялся эффект от предпосевной обработки семян биопрепаратами, от планриза прибавка урожая составила - 0,37 т/га, от раствора биогумуса – 0,23 т/га. Локальное внесение биогумуса (185 кг/га) вместе с семенами, при снижении посевной нормы до 56 %, оказалось эффективным агротехническим приемом по фону биогумуса 3 т/га, 6 т/га и навозу, урожайность была одинакова и составила – 4,35 т/га (табл. 6). Самый меньший урожай по контролю и минеральному фону 3,89 – 4,16 т/га соответственно. Преимущество локального внесения биогумуса подтверждено данными структуры урожая. Озерненность колоса и масса 1000 зерен была выше по агрофонам с внесением биогумуса и навоза. Вес зерна с колоса в среднем составил 1,5-1,6 г. Факторами, слагающими урожайность озимой ржи при локальном внесении биогумуса явились повышение продуктивной кустистости, увеличение крупности зерна, большая озерненность колоса.

Таблица 5
Влияние различных агрофонов и предпосевной обработки семян
на урожайность озимой ржи, т/га
(2001...2003 г.г.)

Предпосевная обработка семян (А) Агрофон (В)	Контроль (увлажнение семян водой)	Обработка семян раствором биогумуса	Биопрепараты	
			Планриз	Фитоспорин
Контроль	4,05	4,24	4,22	4,35
Навоз 60 т/га	4,31	4,54	4,68	4,59
Сидер. пар	4,17	4,28	4,29	4,15
Биогумус 3 т/га	4,34	4,58	4,60	4,48
Биогумус 6 т/га	4,44	4,67	4,81	4,79
Биогумус 9 т/га	4,39	4,60	4,72	4,46
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,26	4,43	4,45	4,38
НСР ₀₅ по фак. А: 0,040; НСР ₀₅ по фак. В: 0,053; НСР ₀₅ АВ: 0,106				

Таблица 6

Урожайность озимой ржи при локальном внесении биогумуса, (т/га)

Способ внесения (А) Агрофон (В)	Обычный посев без биогумуса (контроль)	Пониженная норма высева (56 %) + локальное внесение биогумуса (185 кг/га)
Контроль	4,05	3,89
Навоз 60 т/га	4,31	4,35
Сидер. пар	4,17	4,22
Биогумус 3 т/га	4,34	4,35
Биогумус 6 т/га	4,44	4,35
Биогумус 9 т/га	4,39	4,33
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,26	4,16
НСР ₀₅ по фак. А: 0,030, НСР ₀₅ по фак. В: 0,056; НСР ₀₅ АВ: 0,079		

Качественная и токсикологическая оценка зерна озимой ржи

За время исследований качество зерна в различные годы по вариантам опыта было неодинаковым. В среднем за 2001...2003 г лучшее качество зерна по всем технологическим параметрам обеспечили варианты с внесением биогумуса, содержание белка по этому варианту составило 11,2...12,1 %; с внесением минеральных удобрений – 11,1...11,6 %.

Отразилось на качестве зерна озимой ржи локальное внесение биогумуса, где растения имели больше площади для развития, кущения и питания, менее поражались болезнями. Размеры зерна озимой ржи на этом варианте, в частности толщина, были выше, что повысило содержание белка по сидеральному и по фону биогумуса на 0,6 ... 0,7 % соответственно

Среднее содержание меди в зерне по фону внесения биогумуса по сравнению с контролем понизилось на 3,59 мг/кг, содержание особо токсичных элементов кадмия и свинца уменьшилось на 0,004 и 0,03 мг/кг соответственно. Наличие марганца в почве было высокое, трансформация его в надземную часть растений и, следовательно, в зерно, превышало другие элементы. Минимальное поступление ТМ в растения происходило при рН = 6,5; при внесении биогумуса реакция почвенной среды приближалась к нейтральной, что и снижало доступность ТМ растениям. Также снижало поглощение ТМ корневой системой растений увеличение содержания кальция в почве по фону внесения биогумуса. На детоксикацию ТМ положительно

повлияло содержание фосфора в почве, где образовались труднорастворимые малодоступные для растений соединения фосфатов. Следует также отметить, что с улучшением агрофизических свойств почвы по фону биогумуса, поглощение растениями токсикологических элементов уменьшилось.

Экономическая и энергетическая эффективность применения биогумуса

Использование биогумуса под предпосевную культивацию, внесение в рядки вместе с семенами, применение раствора биогумуса для предпосевной обработки семян, положительно отразились на уровне урожайности озимой ржи и на качественных показателях зерна. В годы исследований в среднем затраты на возделывание озимой ржи на различных агрофонах составили от 4162,65 руб/га (на контроле) до 6405,9 руб./га по (сидеральному пару). Высокие затраты на варианте с сидеральной культурой обусловлены, видимо, метеоусловиями и многозатратностью самой технологии возделывания сидеральной культуры. Использование навоза также было многозатратным (5842,26 руб/га), вследствие высокой энергоресурсоемкости его внесения. Расчеты экономической эффективности возделывания озимой ржи по различным нормам биогумуса показали увеличение затрат в соответствии с дозой вносимого биогумуса. Наименьшая себестоимость продукции была на варианте с внесением биогумуса 3 т/га, она составила -1001,3 руб/т, при затратах на контроле -1051,2 руб/т. Это обусловлено большей урожайностью на фоне с биогумусом, все экономические показатели здесь выше, условно чистый доход на руб. затрат составил 3,64 рубля. С увеличением нормы биогумуса более 3 т/га доход на рубль затрат уменьшался. Применение навоза, сидеральной культуры и больших доз биогумуса повысило стоимость зерна в соответствии с затратами, но в целом все варианты окупали затраты на каждый вложенный рубль.

Наиболее экономически целесообразным оказалось возделывание озимой ржи с пониженной нормой высева (95 кг/га) и добавлением стимулирующей дозы биогумуса (185 кг/га). Общие затраты при возделывании озимой ржи по общепринятой технологии (с полной нормой высева) составили 4162,65 руб/га, а с локальным внесением биогумуса, но пониженной нормой высева затраты были меньше – 3860,77 руб/га. Соответственно ниже себестоимость зерна – 1006,4 руб/т, против 1051,2 руб/т на контроле с полной нормой. Чистый доход на 1 руб. затрат составил 3,70 рубля.

В исследованиях с увеличением производственных затрат повышались и энергетические затраты. В частности, они увеличились при использовании

возрастающих доз биогумуса, минеральных удобрений, навоза и сидеральной культуры. Минимальные затраты энергии пришлось на контрольный вариант – 15 982,06 МДж/га. По вариантам использования биогумуса затраты энергии (МДж/га) возрастали в соответствии с увеличением нормы внесения – 20 212,05...23 043,96. Затраты от применения минеральных удобрений составили 24 561,29 МДж/га, что ниже, чем по фону внесения навоза и сидеральному пару. Все варианты опыта с энергетической точки зрения оказались эффективными, ибо по ним КЭЭ больше единицы. Наименьший КЭЭ (МДж/га) отмечался по сидеральному пару - 1,04 и внесению навоза - 1,21, самый высокий на контроле – 3,46. Вариант с нормой внесения биогумуса 3 т/га был более эффективным (3,15) по сравнению с повышенными его дозами, и был близок к самому высокому показателю, из полученных на опытах.

ВЫВОДЫ

1. Внесение биогумуса в почву способствовало улучшению агрофизических свойств почвы. Уменьшилась плотность пахотного горизонта, в два раза повысилось содержание водопрочных агрегатов, обеспечивающих оптимальный водно-воздушный режим.

2. Выявлено положительное влияние биогумуса на показатели агрохимических свойств почвы: наблюдалась тенденция повышения гумусированности почвы на 0,1 %; снижение гидролитической кислотности до 2,4 мг-экв/100 г; увеличение поглощенных оснований до 29 мг-экв /100 г; повышение подвижных форм фосфора и калия, участвующих и способствующих увеличению почвенной буферности и препятствующие поступлению токсических веществ в растения.

3. Обладая способностью связывать токсические вещества в почве и органических отходах, биогумус снижал их поступление в растения и создавал возможность для получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. При внесении биогумуса уменьшилось содержание в почве более подвижных форм ТМ: меди и цинка на 1,8 и 5,5 мг/кг, содержание особо токсичных металлов кадмия и свинца понизилось на 0,11...0,93 мг/кг соответственно.

4. Применение биогумуса способствовало сохранению и использованию естественных популяций полезных почвенных организмов, подавляющих или ограничивающих развитие вредителей без применения химических средств защиты растений, а также повышало устойчивость растений к ряду патогенов. Повысились микробиологические процессы в почве, что привело к

увеличению на порядок содержание аэробных гетеротрофов по сравнению с исходным с $2,9 \cdot 10^6$ до $4,64 \cdot 10^7$ КОЕ/г. На порядок возросла численность микромицетов до $2,3 \cdot 10^5$ КОЕ/г.

5. Использование биогумуса, не имеющего в составе семян сорных растений, предотвращало дальнейшее засорение полей на 30 %, по сравнению с внесением навоза; снижало пораженность озимой ржи грибными и другими формами болезней; в частности, на вариантах с локальным его применением почти в 2 раза, что позволит в перспективе исключить применение химических средств защиты растений и создаст большой экономический и экологический эффект.

6. Для формирования урожая зерна наиболее оптимальным оказалось внесение средней дозы биогумуса 6 т/га под предпосевную культивацию. Урожайность по этому агрофону превысила контрольный вариант на 0,39 т/га соответственно. От предпосевной обработки семян раствором биогумуса прибавка урожая составила 0,23 т/га.

7. Перспективным энергоресурсосберегающим технологическим способом оказалось локальное (целевое) использование биогумуса. Посев семян озимой ржи с пониженной нормой (56 %) с добавлением стимулирующей дозы биогумуса в семена (185 кг/га), по урожайности почти не уступала традиционной технологии с полной нормой высева семян. Использование под озимую рожь высоких доз биогумуса (9 т/га) оказалось для получения урожая экономически нецелесообразным. Высокие нормы внесения биогумуса необходимы для повышения гумусированности почвы, сохранения и воспроизводства плодородия и оздоровления почвы.

8. Улучшилось качество зерна как при внесении биогумуса под предпосевную культивацию почвы, так и при локальном. Содержание белка в озимой ржи относительно контроля увеличилось на 0,6 % (контроль 10,8 %) с полной нормой, и на 0,9 % (контроль 11,2 %) локально. Накопление тяжелых металлов в репродуктивных органах озимой ржи было незначительно и соответствовало получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

9. При внесении под предпосевную культивацию наиболее экономически окупаемой оказалась норма биогумуса 3 т/га. Доход на рубль затрат составил 3,64 руб. Локальное использование биогумуса оказалось еще более целесообразным ресурсосберегающим технологическим способом, по этому варианту была самая высокая рентабельность производства, что обеспечило чистый доход на рубль затрат 3,79 рубля.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для биологизации, экологизации и повышения эффективности адаптивно-ландшафтной системы земледелия необходимо использование органического удобрения – биогумуса, полученного из отходов животноводства путем переработки их вермикомпостированием.
2. Экономически наиболее целесообразная норма внесения биогумуса под предпосевную культивацию на серой лесной почве для зерновых культур на уровне 3 т/га.
3. Следует считать рациональным способом локальное внесение в почву стимулирующей дозы биогумуса вместе с семенами, в частности, для зерновых из расчета 180-200 кг/га, при сокращении посевной нормы семян до 56 %.
4. Водный раствор биогумуса рекомендуется в качестве биологического защитно - стимулирующего препарата для предпосевной обработки семян.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Суханова И.М. Агроэкологическая роль биогумуса // Матер. второй респ. конф. молодых ученых «Молодые ученые – агропромышленному комплексу». – Казань, 2000. – С.72-73.
2. Шарафеева Ф.Г. Применение биогумуса - как фактор биологизации земледелия и основа для перспективного перехода к органическому сельскому хозяйству./Шарафеева Ф.Г., Суханова И.М. //Матер. междунар. практ. конф. к 80 летию ТатНИИСХ. – Казань, 2001. – С. 343-346.
3. Суханова И.М. Использование биогумуса и биопрепаратов под яровую пшеницу //Науч. - практ. конф. «Актуальные проблемы развития АПК на современном этапе».- Казань, 2001. – С. 61-62.
4. Суханова И.М. Агроэкологическая роль биогумуса на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан // Матер. отчетной сессии молодых ученых ТатНИИСХ. – Казань, 2003. - С.130-134.
5. Шарафеева Ф.Г. Влияние биогумуса на агрохимические параметры серой лесной почвы Предкамья РТ/ Шарафеева Ф.Г., Суханова И.М. // Матер. междунар. науч. конф. «Роль почвы в формировании ландшафтов». – Казань: Фэн, 2003. –С.502-504.
6. Шарафеева Ф.Г. Влияние биогумуса на агрохимические параметры серой лесной почвы Предкамья РТ / Шарафеева Ф.Г., Суханова И.М //Матер. науч.-произ. конф. «Эффективность адаптивных технологий», Ижевск, 2003.- С.191-193.

7. Суханова И.М. Биогумус – как фактор плодородия и экологического состояния почв/ Суханова И.М., Гареев Р.Г., Шарафеева Ф.Г. // Матер. междунар. науч.-прак. конф. «Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии» - Владимир: Россельхозакадемия, 2004. – С.472-474.

8. Шарафеева Ф.Г. Развитие вермитехнологии в республике Татарстан. /Шарафеева Ф.Г., Суханова И.М. // Нива Татарстана. - № 3. – 2004. – С. 6-7.

Подписано к печати 3.08.2004 г. Формат издания 60х88/16
Бум.тип. Усл. печ. л.-1,0 Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии РИВЦ Минсельхозпрода РТ
420059, Казань, Оренбургский тракт,24

